

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-084170
 (43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
 H01L 33/00

(21)Application number : 09-216693

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 11.08.1997

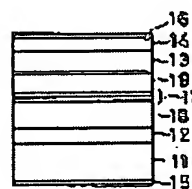
(72)Inventor : IAN JOHN MARGATLOYD
 MAKINO TOSHIHIKO

(54) QUANTUM WELL SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

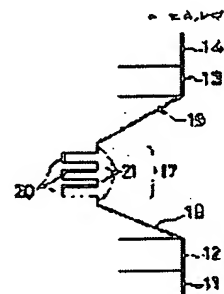
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To emit light of a wavelength band required for optical communication by a method wherein at least either of quantum well layers and barrier layers are respectively constituted of a GaAlInAs layer and the composition of the quantum well layers is set into a composition of a grating constant larger than that of an InP substrate.

SOLUTION: An N-type buffer layer 12, an optical confinement layer 18, an active layer 17, an optical confinement layer 19, a P-type InP clad layer 13, a P-type GaInAsP cap layer 14, an N-type electrode 15 and a P-type electrode 16 are formed on an N-type InP substrate 11 to constitute the main part of a quantum well semiconductor laser element. Quantum well layers 20 and barrier layers 21 are alternately laminated as the layer 17 to constitute the layer 17. At least either of the layers 20 and the layers 21 are respectively constituted of an AlGaInAs layer, the layers 20 are respectively constituted of a GaAlInAs layer and, the layers 21 are respectively constituted of a GaInAsP layer. Moreover, it is also possible that the layers 20 and the layers 21 are respectively constituted of a GaInAsP layer and a GaAlInAs layer. The composition of the layers 20 are set so as to become a composition of a grating constant larger than that of the InP substrate.



(a)



(b)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	12.08.1997
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	17.11.1998
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3041381
[Date of registration]	10.03.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	10-19693
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	16.12.1998
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-84170

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	B

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号	特願平9-216693
(62) 分割の表示	特願昭63-285549の分割
(22) 出願日	昭和63年(1988)11月11日

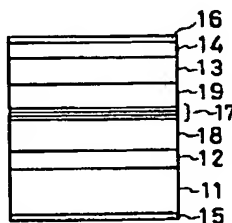
(71) 出願人	000005290 古河電気工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号
(72) 発明者	イアン・ジョン・マーガットロイド 横浜市西区岡野2-4-3 古河電気工業株式会社横浜研究所内
(72) 発明者	牧野 俊彦 横浜市西区岡野2-4-3 古河電気工業株式会社横浜研究所内

(54) 【発明の名称】 量子井戸半導体レーザ素子

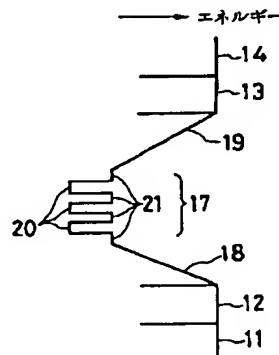
(57) 【要約】

【課題】 1. 3 ~ 1. 5 5 μ m の波長帯において高性能の量子井戸半導体レーザを提供する。

【解決手段】 I n P 基板上に量子井戸構造を有する半導体レーザにおいて、その量子井戸構造中の量子井戸層、バリア層の少なくとも一方を G a A l I n A s とし、さらに、量子井戸層を、その格子定数が I n P 基板の格子定数よりも大きくなる組成とする。



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 InP基板上に1以上の量子井戸層と1以上のバリア層よりなる量子井戸構造を有する量子井戸半導体レーザ素子であって、量子井戸層、バリア層の少なくとも一方がGaAlInAsで構成され、かつ、量子井戸層の組成が、InPよりも格子定数が大きい組成であることを特徴とする量子井戸半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信および光情報処理用の光源として使われる量子井戸構造を用いた半導体レーザに関する

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ素子の特性として望ましいことは、閾値電流密度が低いこと、閾値電流密度の温度依存性が小さいこと、変調周波数が高いこと、および波長チャージングが小さいことなどである。これらの特性は、通常30nmよりも薄い層からなる活性層を有する量子井戸半導体レーザ素子によって向上する。

【0003】量子井戸半導体レーザ素子の活性層は、量子井戸と称す小さいエネルギーバンドギャップをもつ層と、バリア層と称す大きいエネルギーバンドギャップをもつ層から構成されている。かかる量子井戸活性層においては、電子と正孔は量子井戸に閉じ込められ、量子力学に従った挙動をする。

【0004】量子井戸半導体レーザ素子の特性は、量子井戸の格子定数をバリア層の格子定数より大きくし、量子井戸に歪を導入することにより向上する。その理由は、価電子帯の重い正孔は有効質量が薄膜層に垂直な方向で軽くなり価電子帯の基底量子準位を形成することになるからである。その結果、量子井戸層内では電子と重い正孔との間の光学遷移が促進される。電子と重い正孔とはほぼ等しい有効質量をもつためにレーザ発振に必要な反転分布の形成が容易となるからである。なお、量子井戸層の歪の大きさと層の厚さは、歪により転移が誘起されないように、ある臨界膜厚値以内にしなければならない。

【0005】従来の歪量子井戸半導体レーザ素子は、例えば図4(a)に示すように、n型GaAs基板1上に、n型GaAsバッファ層2およびn型Ga_{0.6}Al_{0.4}Asクラッド層3が順次積層され、次いで0.2μm厚さでAl成分が40%から0%まで連続的に変化する傾斜領域5と6を両側に持ち、これを挟んで歪を有する4nm厚さのGa_{0.63}In_{0.37}As量子井戸層4からなる活性層が積層され、さらに傾斜領域6の上にp型Ga_{0.6}Al_{0.4}Asクラッド層7およびp型GaAsPキャップ層が順次積層され、最後に、n型電極9およびp型電極10が蒸着された構造となっている。

【0006】この量子井戸半導体レーザ素子は発振波長が0.99μmであり、閾値電流密度は195Acm⁻²

であった。第4図(b)は第4図(a)に対応するバンドギャップの伝導帯側を示している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の歪量子井戸半導体レーザ素子では、光ファイバ通信において重要な波長である1.3μm乃至1.55μmの発振を得ることができない。1.3μmまたはこれより長い波長の発振をGa_{1-x}In_xAsの活性層より得るためには、エネルギーバンドギャップの大きさから、X≧0.5のIn組成でなければならない。しかしながらこのような高いXのGa_{1-x}In_xAsでは格子定数が大きくなり、第4図に示した従来の歪量子井戸レーザの量子井戸(4)に適用せんとすると量子井戸層に臨界値以上の大きな歪が生じ、それに伴う転位の発生によりレーザ特性が劣化するという問題がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は以上のような点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、光通信において重要な波長帯である1.3μm〜1.55μmの長波長帯で発信する高性能な歪量子井戸半導体レーザ素子を提供することにあり、その要旨は、InP基板上に1以上の量子井戸層と1以上のバリア層よりなる量子井戸構造を有する量子井戸半導体レーザ素子であって、量子井戸層、バリア層の少なくとも一方がGaAlInAsで構成され、かつ、量子井戸層の組成が、InPよりも格子定数が大きい組成であることを特徴とする量子井戸半導体レーザ素子である。

【0009】

【作用】3-5族化合物半導体のバンドギャップおよび格子定数はその組成によって変化する。本発明では、バンドギャップがレーザ発振の条件を満足することに加えて、格子定数を適切に選択して、量子井戸半導体レーザ素子の性能を向上させようとする。

【0010】即ち、量子井戸層の組成を、量子井戸層の格子定数がInP基板の格子定数よりも大きくなるように選択して量子井戸層に圧縮歪が加わるように設計することにより、量子井戸層の価電子帯の重い正孔の膜面に垂直方向の有効質量が小さくなり、低注入キャリアにて反転分布が起り、レーザ発振が低注入電流にて可能となる。

【0011】なお、本発明において、バリア層の格子定数はInP基板の格子定数よりも小さくなるように構成することがより好ましい。量子井戸層とバリア層に逆方向の歪が加わるよう構成することで、量子井戸活性層全体としての歪を小さくすることができ、レーザ特性に悪影響を及ぼす転位の発生を防ぐことができるからである。

【0012】また更に、本発明においては、量子井戸層とバリア層の厚さを調整して活性層全体としての平均的な格子定数をInP基板の格子定数と等しくすることも

可能である。

【0013】また、本発明においては、量子井戸層とバリア層の少なくとも一方はAlGaInAsにより構成する。これにより、量子井戸層に圧縮歪を加えるという条件の下において、光通信において重要である1.3～1.55 μ mの波長で発振する高性能レーザの実現が可能となるからであり、本発明には、量子井戸層、バリア層ともにAlGaInAsとする場合、量子井戸層をInGaAsPとし、バリア層をAlGaInAsとする場合、量子井戸層をAlGaInAsとし、バリア層をInGaAsPとする場合の3つの態様が含まれる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。第1図(a)は本発明にかかる量子井戸半導体レーザの要部断面図であり、その構造は、n型InP基板11上にn型InPバッファ層12が0.1～0.2 μ mの厚さにエピタキシャル成長されている。n型InP基板11とn型InPバッファ層12にはSiまたはSeが $2 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープされている。次に光閉じ込め層18、活性層17および光閉じ込め層19が順次積層される。さらに、厚さ0.1～0.2 μ m、 $2 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープされたp型InPクラッド13および厚さ0.1～2.0 μ m、 $\sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ に高ドープされたp型GaInAsPキャップ層14が順次積層され、最後にn型電極15、p型電極16が形成される。

【0015】光閉じ込め層18はInPと同じ格子定数を有するInGaAsPであり、その組成はn型InPバッファ層から活性層17に近づくにつれて徐々にバンドギャップが小さくなるよう選択されている。即ち、光閉じ込め層18の組成は、第2図のInGaAsPのダイアグラムにおいて、0.585nmの等格子定数線(実線)L上に常にあり、最終組成、即ち活性層17に接する部分の組成は、発振波長1.3 μ mより大きなエネルギーバンドギャップを有し、第2図においては1.3 μ mのバンドギャップに相当する等バンドギャップ線(点線)C線と実線Lとの交点Pよりも左側のL線上の組成となっている。なお、LはInPとGa_{0.53}In_{0.47}Asを結んでいる。また、光閉じ込め層18はノンドープであってもよいし、バッファ層12から活性層17にかけて徐々にドープ量が減少するようにドープされていてもよい。

【0016】光閉じ込め層19はp型にドープされることを除いては光閉じ込め層18と鏡像ともいえる関係にあり、活性層17からp型InPクラッド層13へかけてバンドギャップとドーピングレベルが徐々に変化する。活性層17は各層の厚さ2.5～30nmである(n-1)層のバリア層21で交互に隔てられた各層の厚さ2.5～30nmのn層の量子井戸層20から構成されている。この場合には活性層17の両側面は量子井

戸層20になるが、(n+1)層のバリア層21を配して、活性層17の両側面をバリア層21にしてもよい。

【0017】量子井戸層20は、発振波長1.3 μ mのGaAlInAsを用いる。図3は、GaAlInAsのダイアグラムであり、図中の実線L'は、InPと同じ格子定数を有する等格子定数線であり、Ga_{0.5}In_{0.5}AsとAl_{0.5}In_{0.5}Asを結んでいる。

【0018】量子井戸層20のGaAlInAsの組成は、InPよりも格子定数大きい組成(図3の斜線部内の組成)であって、発振波長が1.3 μ mとなる組成を選択する。またバリア層21は、光閉じ込め層18、19の活性層17に接する部分のバンドギャップと同じバンドギャップを有するGaAlInAsである。

【0019】バリア層21の組成は、InPの格子定数と同じ格子定数となるように第3図の実線L'上の組成を選択する。

【0020】量子井戸の数nは、小さい整数、例えばn=3に定める。各量子井戸の厚みには上限値があり、その値は歪により誘起される転位の発生により定まる。本実施例において、n=3に対応する発振波長は1.3 μ mから若干ずれた値となる。その原因は歪によりバンドギャップが狭くなることによる長波長化と、電子の量子閉じ込めによる短波長化の影響を受けるからである。

【0021】発振波長を1.3 μ mに厳密に一致させるには、上記の歪によるバンドギャップ縮小の効果と量子閉じ込め効果によるバンドギャップ拡大の効果とを勘案して組成を調整すればよい。

【0022】なお、バリア層の格子定数をInPよりも小さい格子定数となるように、第3図の空白の部分(斜線部分以外の部分)の組成を選択しても良い。このようにすることにより、活性層17の平均格子定数をInPの格子定数に近づけることが可能であり、膜厚と組成を調整することにより、活性層17の格子定数とInPの格子定数を等しくすることもできる。

【0023】この場合は、nが数百の量子井戸層およびバリア層数まで歪の誘起する転位を生じることなく成長させることが可能である。このような量子井戸半導体レーザ素子は、垂直キャビティを持つ面発光レーザを実現するのに適している。

【0024】なお、上記の実施例では、量子井戸層、バリア層ともにGaAlInAsで構成したが、量子井戸層をGaAlInAs、バリア層をGaInAsPとしてもよいし、量子井戸層をGaInAsP、バリア層をGaAlInAsとしてもよい。

【0025】ここで、量子井戸層をGaInAsPとする場合、その組成は、第2図における発振波長1.3 μ mに相当する等バンドギャップ線C上にあり、かつ、格子定数がInP基板よりも大きいPT間のTに近い組成とするとよく、バリア層をGaInAsPとする場合、その組成は、第2図におけるP点よりも左側のL線上の

組成とする。

【0026】また、上記実施例では、光閉じ込め層 18、19を具備する量子井戸半導体レーザを例に説明したが、光閉じ込め層は本発明に必須の構成ではなく、光閉じ込め層を具備しない量子井戸半導体レーザも本発明の範囲に含まれる。

【0027】更に、上記実施例ではバッファ層 12、クラッド層 12、13を InP、光閉じ込め層を InGaAsPとしたが、これらは GaAlInAs により構成しても良い。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、1.3～1.55 μ m帯の発振波長を有し、高性能である量子井戸半導体レーザが得られるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる一実施例の要部断面図 (a) およびそのバンドギャップの伝導帯側を示す図 (b)

【図2】GaInAsPのダイアグラム

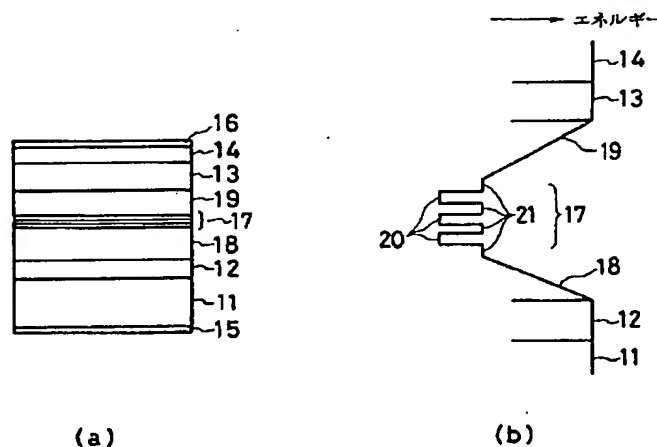
【図3】AlGaInAsのダイアグラム

【図4】従来例の要部断面図 (a) およびそのバンドギャップの伝導帯側を示す図 (b)

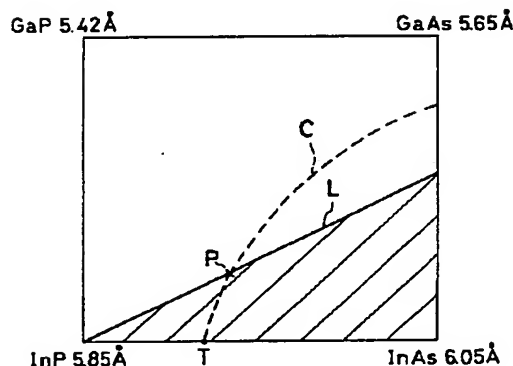
【符号の説明】

- 1はn型GaAs基板
- 2はn型GaAsバッファ層
- 3はn型GaAlAsクラッド層
- 4はGaInAs量子井戸層
- 5、6は傾斜領域
- 7はp型GaAlAsクラッド層
- 8はp型GaAsキャップ層
- 9、15はn型電極
- 10、16はp型電極
- 11はn型InP基板
- 12はバッファ層
- 13はp型クラッド層
- 14はp型キャップ層
- 17は活性層
- 18、19は光閉じ込め層
- 20は量子井戸層
- 21はバリア層

【図1】

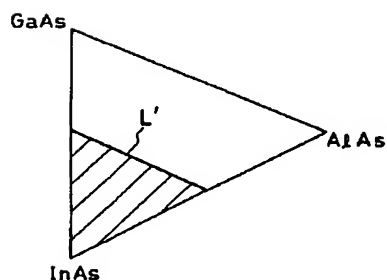


【図2】



【図4】

【図3】



(a)

(b)

